

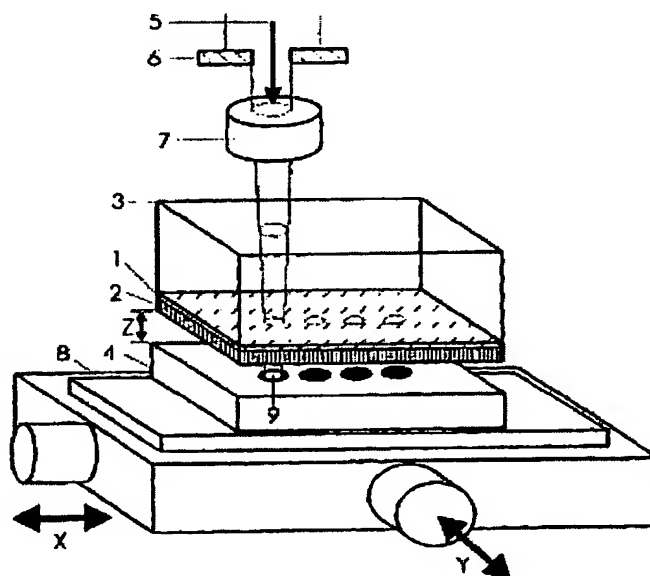
**Production of carbon nanotubes used in microelectronics comprises focussing laser pulses onto surface of carbon-containing material, vaporizing and decomposing carbon-containing molecules and growing carbon nanotubes**

**Patent number:** DE19946182  
**Publication date:** 2001-03-29  
**Inventor:** EHLICH RUDOLF (DE)  
**Applicant:** FORSCHUNGSVERBUND BERLIN EV (DE)  
**Classification:**  
**- International:** C01B31/02; C23C14/04; C23C14/06; C30B23/00;  
C01B31/00; C23C14/04; C23C14/06; C30B23/00;  
(IPC1-7): C23C14/28; B82B3/00; C01B31/02;  
C23C14/06  
**- european:** C01B31/02B; C23C14/04F; C23C14/06; C23C14/06B;  
C30B23/00; Y01N6/00  
**Application number:** DE19991046182 19990921  
**Priority number(s):** DE19991046182 19990921

Report a data error here

**Abstract of DE19946182**

Production of carbon nanotubes comprises focussing single laser pulses onto the surface of a thin layer of carbon-containing material, vaporizing and decomposing carbon-containing molecules and growing carbon nanotubes. Production of carbon nanotubes comprises focussing single laser pulses (5) onto the surface of a thin layer of carbon-containing material (1) which is applied on a support layer (3) that is transparent for the laser pulse; vaporizing and decomposing carbon-containing molecules of carbon-containing material and depositing onto a silicon wafer (4) which is located at a distance of a few millimeters from the surface of the carbon-containing material; and growing carbon nanotubes by positioning the carbon-containing material and the wafer under the pulsed laser beam at this site on the surface of the wafer. The laser pulse produces a surface temperature on the wafer which is required for the growth of the nanotubes. An Independent claim is also included for an arrangement for carrying out the production of the carbon nanotubes. Preferred Features: Microstructuring is carried out using nanosecond pulses or an excimer laser, picosecond pulses of a neodymium yttrium aluminum garnet (NdYAG) laser or sub-picosecond pulses of a titanium-sapphire laser.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





⑦1 Anmelder:  
Forschungsverbund Berlin e.V., 12489 Berlin, DE  
⑦4 Vertreter:  
Hoffmann, H., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 10117 Berlin

⑦2 Erfinder:  
Ehlich, Rudolf, Dipl.-Phys., Dr.rer.nat, 12055 Berlin, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 43 30 961 C1  
DE 40 34 834 C2  
WO 99 13 127 A1  
WO 98 39 250 A1  
WO 9 79 272 A1  
Nature, Vol.396, 26.Nov.1998, 323-324;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

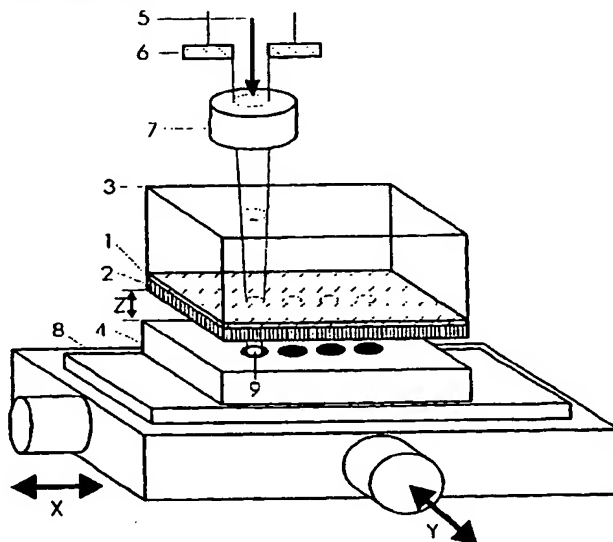
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Anordnung zur Herstellung von Kohlstoff Nanoröhren

⑤7 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Anordnung anzugeben, die es gestatten, daß Kohlenstoff Nanoröhren an genau definierten Orten mit einer definierten Dichte auf der Oberfläche eines Auffängers erzeugt werden.

Es wird ein Verfahren angegeben, bei dem eine dünne Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials (1), welche auf einer Trägerschicht (3) aufgebracht ist, in unmittelbarer Nähe der Oberfläche eines Auffängers (4) angeordnet ist. Mit einzelnen Laserpulsen (5) werden kohlenstoffhaltige Moleküle aus dem kohlenstoffhaltigen Material (1) verdampft, die sich auf der direkt gegenüber befindlichen Oberfläche des Auffängers (4) abscheiden. Da dieser Auffänger (4) durch den gleichen Laserpuls (5), der das Verdampfen und Zersetzen der kohlenstoffhaltigen Moleküle bewirkt, auf eine für das Wachstum von Kohlenstoff Nanoröhren erforderliche Oberflächentemperatur aufgeheizt wird, werden gezielt an dieser Stelle, die etwa der Größe des Focusflecks (9) des Laserstrahls entspricht, Kohlenstoff Nanoröhren erzeugt. Die Schicht des kohlenstoffhaltigen Materials (1) und der Auffänger (4) sind gemeinsam auf einem Translationstisch (8) angeordnet und können mit diesem in x- und in y-Richtung kontinuierlich oder in Rasterschritten bewegt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Verwendung der Anordnung können gezielt an definierten Orten auf der Oberfläche eines Auffängers (4) Kohlenstoff Nanoröhren erzeugt werden. Die entstehenden Kohlenstoff Nanoröhren ...



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Herstellung von Kohlenstoff-Nanoröhren durch Verdampfung von kohlenstoffhaltigen Materialien mittels eines Laserstrahls.

Es sind Verfahren zur Herstellung von Kohlenstoff-Nanoröhren bekannt, bei denen gepulste Laser nur zur Verdampfung von kohlenstoffhaltigen Materialien dienen. So ist in der Patentanmeldung WO 99/13127 beschrieben, daß in einer Vakuumkammer ein kohlenstoffhaltiges Material angeordnet ist, das durch einen Laserstrahl, der durch ein optisches System auf dieses Material fokussiert wird, verdampft. Ein Teil der verdampften Kohlenstoffmoleküle kondensiert auf sogenannten Auffängern, deren Temperatur durch externe Heizung und Kühlung gesteuert wird wodurch das Wachstum von Nanoröhren bewirkt wird.

Auf dem gleichen Prinzip beruht ein Verfahren zur Herstellung von Nanoröhren, das in der WO 98/39250 beschrieben ist.

Die Nanoröhren wachsen auf den Auffängern sporadisch, mit einer stochastischen Verteilung auf der Fläche. Für verschiedene Anwendungen, insbesondere in der Mikroelektronik ist aber eine definierte Verteilung der Nanoröhren auf einer Oberfläche erforderlich. Für diese Anwendungen ist eine nachträgliche manuelle Positionierung der Nanoröhren mit rastersondenmikroskopischen Methoden erforderlich.

Andere Verfahren beruhen darauf, dünne Schichten von Übergangsmetallen photolithographisch zu strukturieren um daran in einem zweiten Schritt z. B. durch katalytische Zersetzung von kohlenstoffhaltigen Molekülen Wachstum von Nanoröhren zu erzielen.

Der Nachteil der bekannten Verfahren besteht darin, daß eine definierte Verteilung der Kohlenstoff-Nanoröhren auf einer Oberfläche nicht gezielt erzeugt werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Anordnung anzugeben, die es gestatten, daß Kohlenstoff-Nanoröhren an genau definierten Orten mit einer definierten Dichte auf der Oberfläche eines Auffängers mit einem Verfahrensschritt erzeugt werden.

Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren gelöst, indem eine dünne Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials, welche auf einer für den Laserpuls transparenten Trägerschicht aufgebracht ist, in unmittelbarer Nähe der Oberfläche eines Auffängers angeordnet ist, so daß kohlenstoffhaltige Moleküle mit einzelnen Laserpulsen, die durch ein optisches System auf die Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials fokussiert werden, aus dem kohlenstoffhaltigen Material verdampft werden. Die kohlenstoffhaltigen Moleküle zersetzen sich und scheiden sich auf der direkt gegenüber befindlichen Oberfläche des Auffängers ab. Da dieser Auffänger durch den gleichen Laserpuls, der das Verdampfen und Zersetzen der kohlenstoffhaltigen Moleküle bewirkt, auf eine für das Wachstum von Kohlenstoff-Nanoröhren erforderliche Oberflächentemperatur aufgeheizt wird, werden gezielt an dieser Stelle, die etwa der Größe des Focusflecks des Laserstrahls entspricht, Kohlenstoff-Nanoröhren erzeugt. Da sich der Auffänger nur wenige Mikrometer von der Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials entfernt befindet, scheiden sich nahezu alle durch Zersetzung der kohlenstoffhaltigen Moleküle entstandenen Teilchen auf dem Auffänger ab.

Der Zersetzungsprozeß der kohlenstoffhaltigen Moleküle wird positiv beeinflusst, wenn das kohlenstoffhaltige Material in einer direkten Verbindung mit einem Übergangsmetall steht. Das Übergangsmetall hat die Aufgabe eines Katalysators für die Abspaltung der kohlenstoffhaltigen Moleküle aus dem kohlenstoffhaltigen Material. Das kohlenstoff-

haltige Material sowie das Übergangsmetall können als diskrete dünne Schichten ausgebildet sein, die aufeinander angeordnet sind. Das Übergangsmetall kann aber auch in Form kleiner Cluster oder Atome in dem kohlenstoffhaltigen Material angeordnet oder in Form von Metallpulver mit den kohlenstoffhaltigen Molekülen gemischt sein.

Das kohlenstoffhaltige Material wird vorzugsweise eine Graphitschicht mit einer Schichtdicke von einigen Mikrometern sein. Besonders geeignet für das Verfahren ist die Verwendung von Fullerenen als kohlenstoffhaltige Moleküle.

Die Mikrostrukturierung der Kohlenstoff Nanoröhren erfolgt vorzugsweise mit Nanosekundenpulsen eines Excimerlasers oder mittels Picosekundenpulsen eines NdYag-Lasers oder mit Subpicosekundenpulsen eines Ti-Saphir-Lasers mit regenerativem Verstärker.

Für die Bildung von Kohlenstoff Nanoröhren kann es besonders vorteilhaft sein, wenn der Auffänger durch externe Heiz- und Kühlelemente auf einer konstanten Ausgangstemperatur  $< 250^{\circ}\text{C}$  gehalten wird.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird gebildet durch eine Trägerschicht eines für Laserstrahlung transparenten Materials auf das eine Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials aufgebracht ist und dieser Schicht unmittelbar gegenüber ein Auffänger angeordnet ist. Die Schicht des kohlenstoffhaltigen Materials und der Auffänger sind gemeinsam auf einem Translationstisch angeordnet und können mit diesem in x- und in y-Richtung mittels getrennter Antriebe definiert kontinuierlich oder in Rasterschritten bewegt werden.

Die Anordnung weist weiterhin ein optisches System, aufweisend eine Lochmaske und eine Abbildungsoptik, auf, das den gepulsten Laserstrahl auf die Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials fokussiert.

Die gesamte Anordnung kann vorteilhafterweise in einer Vakuumkammer angeordnet sein, in der eine definierte Atmosphäre erzeugbar ist. Der äußere Abschluß der Vakuumkammer gegenüber der Laserquelle kann durch das optische System bzw. die transparente Trägerschicht gebildet sein.

Die Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials kann vorteilhafterweise an eine Schicht eines Übergangsmetalls angrenzen. Das kohlenstoffhaltige Material kann aber auch mit dem Übergangsmetall durchsetzt sein und somit als eine Einzelschicht ausgebildet sein.

Durch die Wahl der Lochmaske und den Einsatz eines Objektives mit einem entsprechenden Abbildungsmaßstab als Abbildungsoptik wird ein Focusfleck mit einem Durchmesser in der Größe von 1 bis 100  $\mu\text{m}$  auf der Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials erzeugt.

Der Abstand des Auffängers von der Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials beträgt nur wenige Mikrometer, wobei der geringste Abstand durch die Oberflächenrauigkeit der beiden Oberflächen bestimmt wird.

Vorteilhafterweise kann der Abstand durch entsprechende Stellelemente bis zu einem Abstand  $< 500 \mu\text{m}$  eingestellt werden.

Zur Einstellung einer konstanten Ausgangstemperatur des Auffängers sind an diesem vorteilhafterweise externe Heiz- und Kühlelemente angeordnet, die mit einer Temperaturerfassungs- und -steuerungseinrichtung verbunden sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Verwendung der Anordnung können gezielt an definierten Orten auf der Oberfläche eines Auffängers Kohlenstoff Nanoröhren mit einer vorgebbaren Dichte erzeugt werden. Die entstehenden Kohlenstoff Nanoröhren können sowohl leer als

auch mit Metall gefüllt sein. Die Metallfüllung entspricht dem verwendeten Übergangsmetall.

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Die zugehörige Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung.

An Hand der Fig. 1 wird zunächst eine Ausführung der erfindungsgemäßen Anordnung zur Herstellung von Kohlenstoff Nanoröhren näher beschrieben.

Eine dünne Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials 1, die aus einer ca. 2 µm dicken C<sub>60</sub>-Schicht besteht, ist auf ein Quarzglas 3, das die transparente Trägerschicht bildet, aufgebracht. Eine separate Schicht eines Übergangsmetalls 2, die in diesem Beispiel aus einer ca. 0,4 µm starken Nickelschicht besteht, schließt sich an die C<sub>60</sub>-Schicht 1 an. Das Übergangsmetall 2 kann auch in Form von kleinen Clustern bzw. Einzelatomen direkt in der C<sub>60</sub>-Schicht 1 angeordnet sein. In einem sehr geringen Abstand Z gegenüber der C<sub>60</sub>-Schicht 1 ist ein Auffänger 4 angeordnet, der in diesem Beispiel aus einem Siliziumwafer besteht. Der minimale Abstand Z wird durch die Oberflächenrauigkeit des Siliziumwafers 4 und der C<sub>60</sub>-Schicht 1 bestimmt und beträgt einige Mikrometer.

Das Quarzglas 3 mit der C<sub>60</sub>-Schicht 1 und der Nickelschicht 2 werden mit dem Siliziumwafer 4 in ihrer Lage zueinander fixiert und gemeinsam auf einem Translationstisch 8 positioniert. Durch nicht dargestellte Stützelemente kann der Translationstisch 8 kontinuierlich bzw. in definierten Schritten in x- und in y-Richtung bewegt werden.

Ein ebenfalls nicht dargestellter Laser, ein Excimerlaser, der mit KrF bei einer Wellenlänge von 248 nm betrieben wird, erzeugt einen Laserpuls 5, der mittels einer Lochmaske 6 mit einem Durchmesser von 1 mm und einer Abbildungsoptik 7, die aus einem 1 : 20-Objektiv besteht, auf die Oberfläche der C<sub>60</sub>-Schicht 1 fokussiert wird. Die Pulsenergie des Laserpulses wird zwischen 1,6 und 0,2 mJ/mm<sup>2</sup> eingestellt.

In dieser Figur ebenfalls nicht dargestellt ist eine Vakuumkammer, die zumindest die C<sub>60</sub>-Schicht 1 und den Siliziumwafer 4 umschließt. Sie kann aber auch den Translationstisch 8, einschließlich der Stützelemente mit enthalten. Der äußere Abschluß der Vakuumkammer in Richtung Laser kann durch das Quarzglas 3 oder die Abbildungsoptik 7 gebildet werden.

Werden Heiz- und Kühlelemente sowie Temperaturerfassungs- und -steuergeräte vorgesehen, werden diese zweckmäßigerweise zwischen Translationstisch 8 und Siliziumwafer 4 angeordnet.

Stützelemente zur Veränderung des Abstandes Z zwischen C<sub>60</sub>-Schicht 1 und dem Siliziumwafer 4 sind in der Figur nicht dargestellt und könnten auf der Oberfläche des Translationstisches 8 angeordnet sein und gegenüber dem Quarzglas 3 mit der C<sub>60</sub>-Schicht 1 wirken.

Nachfolgend soll das Verfahren zur Herstellung von Kohlenstoff Nanoröhren detaillierter beschrieben werden.

Der Laserpuls 5 wird durch die Lochmaske 6 mit einem Lochdurchmesser von ca. 1 mm und die Abbildungsoptik 7, die aus einem 1 : 20-Objektiv besteht, derart beeinflusst, daß nach Durchtritt durch das Quarzglas 3 auf der Oberfläche der C<sub>60</sub>-Schicht 1 ein Focusfleck 9 mit einem Durchmesser von ca. 50 µm entsteht. Die Energie des Laserpulses 5 bewirkt, daß die Fullerene der C<sub>60</sub>-Schicht 1 in diesem Bereich verdampfen und sich zersetzen. Diese frei gewordenen Teilchen bewegen sich in Richtung auf den nur wenige Mikrometer entfernten Siliziumwafer 4 und scheiden auf diesem ab. Da der Laserpuls 5 gleichzeitig den Siliziumwafer 4 auf eine Temperatur aufheizt, die für das Wachstum von Kohlenstoff Nanoröhren erforderlich ist, werden gezielt an die-

ser Stelle, die etwas größer als der Focusfleck 9 des Laserstrahls ist, Kohlenstoff Nanoröhren erzeugt.

Bei einer kontinuierlichen Bewegung des Translationstisches 8 entstehen linienförmige Bereiche auf denen sich Kohlenstoff Nanoröhren befinden. Wird der Translationstisch 8 dagegen rasterförmig bewegt, entstehen punktförmige Bereiche mit Kohlenstoff Nanoröhren. Die Größe der Bereiche, die Kohlenstoff Nanoröhren aufweisen, wird durch den Durchmesser des Focusflecks 9 bestimmt; während die Größe der Bereiche, in denen sich keine Kohlenstoff Nanoröhren befinden von der Größe der Rasterschritte bestimmt wird. Die Dichte der Kohlenstoff Nanoröhren je Flächeneinheit kann beispielsweise durch die Anzahl der in der C<sub>60</sub>-Schicht 1 verdampften Fullerene variiert werden, was wiederum durch die Schichtdicke und die Laserenergie je Fläche beeinflusst wird.

Die Energie des Laserpulses 5 wird vorrangig durch die Zerstörungsschwelle des als Trägerschicht verwendeten Materials, beispielsweise des Quarzglases 3 bestimmt.

Durch die Verwendung eines Übergangsmetalls 2, beispielsweise Nickel wird die Ablösung der Fullerene aus der C<sub>60</sub>-Schicht 1 vorteilhaft beeinflusst und es können mit Nickel gefüllte Kohlenstoff Nanoröhren entstehen.

Um optimale Wachstumsbedingungen für Kohlenstoff Nanoröhren auf dem Siliziumwafer 4 zu gewährleisten, ist es vorteilhaft die Oberflächentemperatur des Siliziumwafers 4 auf einem konstanten Ausgangswert < 250°C zu halten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Kohlenstoff-Nanoröhren, bei dem durch Verdampfen eines kohlenstoffhaltigen Materials mittels Laserstrahl auf der Oberfläche eines Substrates Nanoröhren abgeschieden werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit einzelnen Laserpulsen (5), die auf die Oberfläche einer dünnen Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials (1), welche auf einer für den Laserpuls transparenten Trägerschicht (3) aufgebracht ist, fokussiert werden, kohlenstoffhaltige Moleküle aus dem kohlenstoffhaltigen Material (1) verdampft und zersetzt werden und auf einem Auffänger (4) abgeschieden werden, der sich in einem Abstand (Z), der nur wenige Mikrometer beträgt, von der Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials (1) entfernt befindet, wodurch der Laserpuls (5) auch eine Oberflächentemperatur auf dem Auffänger (4) erzeugt, die für das Wachstum der Nanoröhren erforderlich ist und durch Positionierung des kohlenstoffhaltigen Materials (1) sowie des Auffängers (4) unter dem gepulsten Laserstrahl (5) an dieser Stelle auf der Oberfläche des Auffängers (4) gezielt Kohlenstoff Nanoröhren wachsen, wobei durch gezielte Bewegungen des kohlenstoffhaltigen Materials (1) und des Auffängers (4) gegenüber dem gepulsten Laserstrahl (5) an definierten Stellen Kohlenstoff Nanoröhren erzeugt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturierung mit Nanosekundenpulsen eines Excimerlasers erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturierung mit Picosekundenpulsen eines NdYag-Lasers erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturierung mit Subpicosekundenpulsen eines Ti-Saphir-Lasers mit regenerativem Verstärker erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, daß das kohlenstoffhaltige Material (1) eine Graphitschicht mit einer Schichtdicke von einigen Mikrometern ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kohlenstoffhaltigen Moleküle Fullerene sind.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das kohlenstoffhaltige Material (1) in Verbindung mit einem Übergangsmetall (2) steht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das kohlenstoffhaltige Material (1) und das Übergangsmetall (2) als diskrete Schichten ausgebildet sind, die unmittelbar aufeinander angeordnet sind.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Übergangsmetall (2) in Form kleiner Cluster in dem kohlenstoffhaltigen Material (1) angeordnet ist.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Übergangsmetall (2) in Form von Metallpulver mit den Molekülen des kohlenstoffhaltigen Materials (1) gemischt ist.

11. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Übergangsmetall (2) insbesondere Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Cr, Mo, W, Ti ist.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auffänger (4) ein metallischer Leiter, ein Halbleiter oder ein Isolator ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Auffänger (4) ein Siliziumwafer ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren in einer geschlossenen Atmosphäre bei einem Druck kleiner 1 mbar abläuft.

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren in einer geschlossenen Gas-Atmosphäre bei einem Druck kleiner 2 bar abläuft.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die geschlossene Gas-Atmosphäre insbesondere durch ein Edelgas gebildet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Auffänger (4) auf einer nahezu konstanten Ausgangstemperatur  $< 250^{\circ}\text{C}$  gehalten wird.

18. Anordnung zur Herstellung von Kohlenstoff-Nanoröhren mittels eines gepulsten Lasers, dadurch gekennzeichnet, daß eine Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials (1), auf einer für den Laserstrahl (5) transparenten Trägerschicht (3) angeordnet ist, und in einem Abstand von wenigen Mikrometern dazu die Oberfläche eines Auffängers (4) angeordnet ist, wobei die transparente Trägerschicht (3) mit dem darauf angeordneten kohlenstoffhaltigen Material (1) sowie der Auffänger (4) gemeinsam auf einem, in einer Ebene beweglichen, Translationstisch (8) gehalten sind und der Laserstrahl (5) durch eine Lochmaske (6) sowie eine nachfolgend angeordnete Abbildungsoptik (7) auf die Oberfläche des kohlenstoffhaltigen Materials (1) fokussierbar ist, wobei der Durchmesser des Focusflecks (9) 1 bis  $100\text{ }\mu\text{m}$  beträgt und der Translationstisch in x- und y-Richtung kontinuierlich oder in Rasterschritten bewegbar ist.

19. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die kohlenstoffhaltige Schicht (1) und der Auffänger (4) in einer Vakuumkammer angeordnet sind, die nach außen in Richtung Laser durch die transparente Trägerschicht (3) bzw. die Abbildungsoptik (7) abgeschlossen ist.

20. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials (1) an eine Schicht eines Übergangsmetalls

(2) angrenzt.

21. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht eines kohlenstoffhaltigen Materials (1) mit dem Übergangsmetall (2) durchsetzt ist und als Einzelschicht ausgebildet ist.

22. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das transparente Material (3) aus Quarzglas besteht.

23. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik (7) durch ein Objektiv mit einem Abbildungsmaßstab von 1 : 20 gebildet ist.

24. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der minimale Abstand (Z) zwischen dem kohlenstoffhaltigen Material (1), das mit einem Übergangsmetall (2) in Verbindung steht, und der Oberfläche des Auffängers (4) durch die Oberflächenrauigkeit beider Schichten bestimmt ist.

25. Anordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenrauigkeit beider Schichten  $< 1\text{ }\mu\text{m}$  beträgt.

26. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand (Z) zwischen dem kohlenstoffhaltigen Material (1), das mit einem Übergangsmetall (2) in Verbindung steht, und der Oberfläche des Auffängers (4) durch Stillelemente bis zu einem Abstand (Z)  $< 500\text{ }\mu\text{m}$  einstellbar ist.

27. Anordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Auffänger (4) Heiz- und Kühlelemente sowie Temperaturerfassungs- und -steuerungsgeräte aufweist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

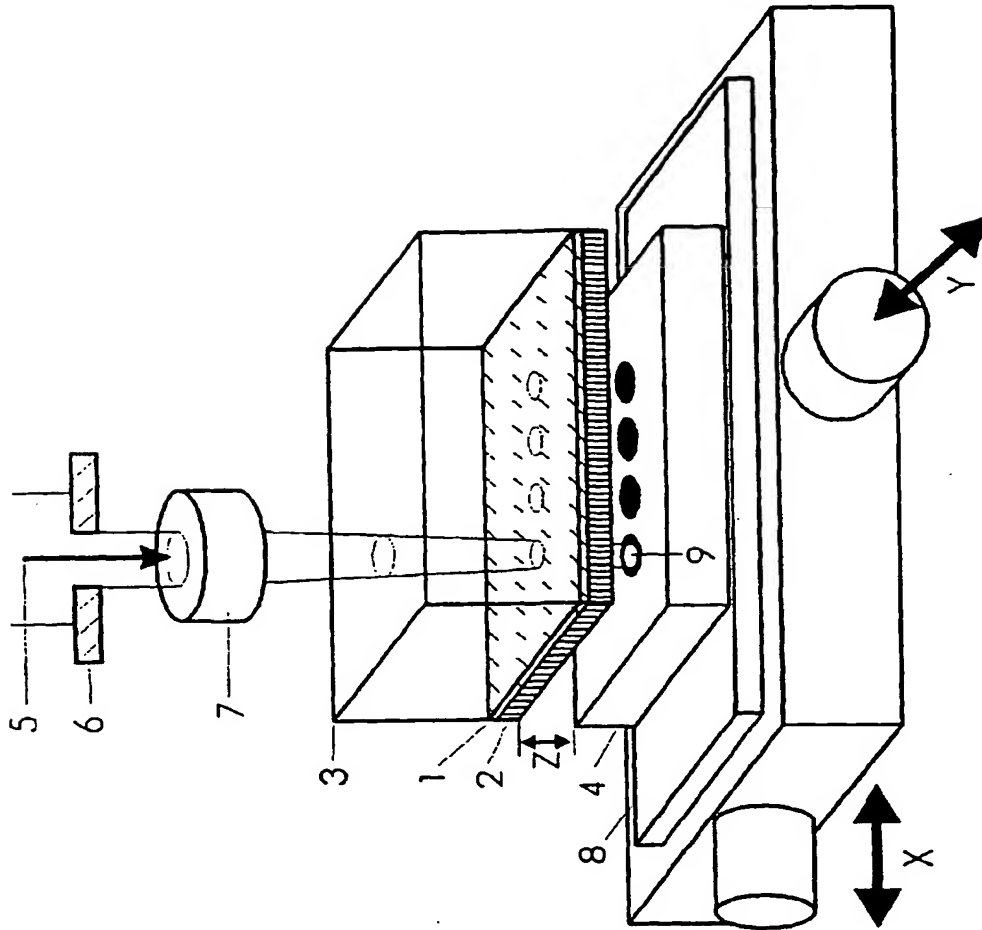


Fig. 1

- Leerseite -